

HUBUNGAN IKLIM MIKRO DAN BAHAN ORGANIK TANAH DENGAN EMISI CO₂ DARI PERMUKAAN TANAH DI HUTAN ALAM BABAHALEKA TAMAN NASIONAL LORE LINDU, SULAWESI TENGAH

EFFECT OF MICROCLIMATE AND SOIL ORGANIC MATTER ON SOIL ORGANIC MATTER ON SOIL CO₂ EMISSION (BABAHALEKA FOREST IN LORE LINDU NATIONAL PARK, CENTRAL SULAWESI)

Ade Irawan dan Tania June*

Laboratorium Agrometeorologi, Dept. Geofisika dan Meteorologi IPB
Gedung FMIPA Wing 19 Lv. 4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Corresponding Author. E-mail: tania.june@yahoo.com

Penyerahan Naskah: 14 September 2010

Diterima untuk diterbitkan: 17 Mei 2011

ABSTRACT

Soil respiration and rate of CO₂ emission is determined by its temperature and its organic matter. Canopy opening of a pristine forest affect the amount of radiation energy that are able to go down the canopy and determine the microclimate variability at the forest floor and rate of CO₂ emission. This resesarch was conducted at Babahaleka Forest Lore Lindu National Park, Central Sulawesi and supported under the cooperation of IPB-STORMA (Stability of Rainforest Margin) project, with an objective to determine the effect of soil temperature as a consequence of different level of canopy opening (and incoming radiation) on CO₂ emission from soil respiration process. Soil CO₂ emission was measured through CO₂ gas sampling using a closed chamber method and analyzed using CO₂ gas analyzer. Measurement of soil temperature, air temperature, relative humidity and soil organic matter were conducted at each CO₂ gas sampling sites for further analysis of correlation between them. It was shown that soil temperature and soil surface temperature, soil moisture and air temperature affected soil respiration and CO₂ emission from the soil surface. Average soil surface CO₂ fluxes was 299.15 mgCO₂m⁻²h⁻¹, with fluxes from more open canopy cover was higher than that from a closed canopy cover, 329.33-375.77 mgCO₂m⁻²h⁻¹ and 209.24-304.18 mgCO₂m⁻²h⁻¹ respectively.

Keyword: soil respiration, CO₂ emission, forest opening, microclimate.

PENDAHULUAN

Hutan berperan penting dalam menjaga kestabilan iklim global karena kemampuannya menyerap CO₂ melalui proses fotosintesis. Jika penutupan hutan dan fungsi fiologisnya terganggu, maka siklus CO₂ diatmosfer akan terganggu (Tuheteru Faisal 2007). Karbon pada ekosistem hutan tersimpan dalam bentuk biomassa, nekromasa baik diatas permukaan, di dalam tanah maupun dalam bentuk bahan organik tanah (Hanafiah KA 2004). Tanah merupakan sumber CO₂ yang berperan penting dalam mengatur konsentrasi CO₂ atmosfer (Raich & Schlesinger 1992).

Respirasi tanah, yang melepaskan gas CO₂ ke atmosfer, merupakan proses oksidasi biologis dari senyawa organik yang berasal dari akar dan

organ/bagian lain tanaman (serasah, dahan dan ranting mati, batang mati) di dalam dan permukaan tanah yang dilakukan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Proses ini dilakukan oleh mikroorganisme untuk mendapatkan energi dan metabolites untuk keperluan pemeliharaan dan pertumbuhannya (Amstrong 1979; Drew 1990 diacu dalam Simojoki A 2001). Respirasi tanah merupakan indikator yang sensitif dan penting pada suatu ekosistem hutan, karena proses ini terkait dengan metabolisme di tanah, pembusukan sisa tanaman pada tanah, dan konversi bahan organik tanah menjadi CO₂. Melalui respirasi tanah ini karbon (CO₂) dilepas dari tanah ke atmosfer (Rochette *et al.* 1997). Raich & Tufekciogul (2000) menyatakan bahwa respirasi tanah merupakan suatu indikator

yang baik terhadap mutu tanah, berkaitan erat dengan kesuburan tanah.

Suhu dan kelembaban tanah merupakan dua faktor penting yang menentukan respirasi tanah (Raich & Tufekciogul 2000). Hasil pengamatan Rochette *et al.* (1997) menunjukkan respirasi dari tanah yang lembab dua sampai tiga kali lebih besar dibandingkan tanah yang kering. Peningkatan respirasi tanah dengan meningkatnya suhu tanah juga banyak dilaporkan. Respirasi tanah juga dipengaruhi oleh jenis tumbuhan yang hidup di atasnya (Raich & Tufekciogul 2000). Hasil penelitian menunjukkan respirasi tanah pada padang rumput lebih tinggi dibandingkan respirasi tanah dibawah kanopi hutan (Raich & Tufekciogul 2000).

Penelitian emisi CO₂ dari permukaan tanah hutan tropis masih sangat kurang, oleh karena itu penelitian ini dilakukan pada beberapa tutupan kanopi yang berbeda di hutan Babahaleka Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. Pengukuran iklim mikro meliputi suhu permukaan tanah, suhu tanah, suhu udara, kelembaban tanah, serta kandungan bahan organik tanah dilakukan untuk melihat hubungan dan pengaruhnya terhadap emisi CO₂ dari permukaan tanah hutan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada kawasan Taman Nasional Lore Lindu, pada hutan Babahaleka Desa Bariri Kecamatan Lore Tengah Kabupaten Poso, mulai bulan mei sampai bulan Juni 2008. Penentuan plot sampel pengukuran emisi CO₂ ditentukan berdasarkan jenis tutupan kanopinya yaitu :

- Kanopi tertutup 1 (90-100%), *high altitude*.
- Kanopi tertutup 2 (90-100%), *low altitude*.
- Kanopi menengah (70-80%).
- Kanopi terbuka (50-60%).

Pengukuran CO₂ dilakukan pada beberapa plot sampel dengan menggunakan *closed chamber method* (Toma Y & Hatano R 2007). Ruang sampel gas (Gambar 1) terbuat dari bahan stainless steel berwarna putih dengan lebar 20 cm dan tinggi 25 cm. Penutup ruang sampel terbuat dari plastik acrylic berwarna putih yang dilengkapi dengan pengambil sampel CO₂, kantong pengatur tekanan, dan kantong sampel tedlar (0.5 L). Sampel gas ditarik dari pengambil sampel dengan semprotan ke dalam kantong tedlar. Unsur iklim mikro yang diukur selama penelitian untuk dianalisis yaitu suhu udara, suhu permukaan tanah, suhu tanah pada kedalaman 10 cm, dan kelembaban tanah pada kedalaman 10 cm. Kandungan bahan organik diperoleh dari hasil analisis sampel tanah pada kedalaman 30 cm.

Pengambilan sampel gas dilakukan sebelum ruang sampel gas ditutup (0 menit) untuk analisis CO₂. Setelah ruang sampel gas ditutup, dilakukan pengambilan sampel gas CO₂ setelah 6 menit. Sampel gas CO₂ yang telah diambil dianalisis menggunakan CO₂ analyzer (Model ZFPYA, Fuji Elelctric, Tokyo, Japan). Sampel gas CO₂ (mV) yang telah dianalisis, dicatat dan diolah dengan menggunakan *CO₂ fluks calculation xls*. Sampel gas CO₂ (mV) akan dikonversi menjadi fluks gas CO₂ (mgCO₂m⁻²h⁻¹).

$$\begin{aligned} \text{FluksCO}_2 &= \text{mgCO}_2 \text{m}^{-2} \text{h}^{-1} \\ &= \rho \times \frac{V}{A} \times \frac{\Delta C}{\Delta t} \times \frac{273}{t} \times \alpha \end{aligned}$$

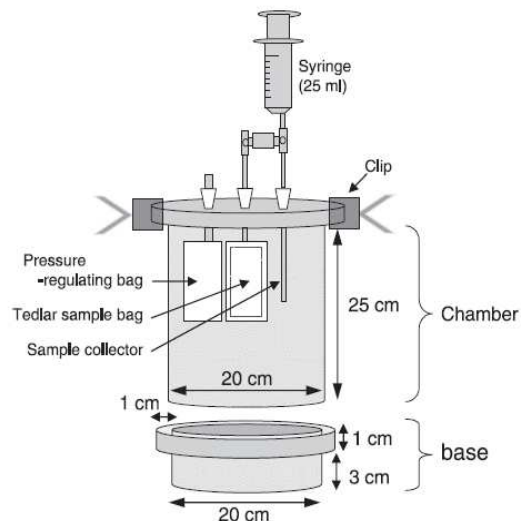
Dimana :

ρ : kerapatan gas CO₂ (1.9770*10⁶ mg CO₂/m³)

$\frac{V}{A}$: H (tinggi ruang sampel gas (m))

$\frac{\Delta C}{\Delta t}$: perubahan konsentrasi gas (m³ m⁻³h⁻¹)

$\alpha_{\text{CO}_2} : \frac{12}{44}$



Gambar 1. Ruang sampel gas yang digunakan pada *close chamber method* (Toma Y & Hatano R 2007)

Pengukuran suhu tanah dilakukan pada kedalaman 10 cm dari permukaan. Suhu tanah diukur menggunakan digital thermometer (°C); Suhu permukaan tanah diukur menggunakan Voltcraft infrared thermometer (°C) dan suhu udara diukur menggunakan digital thermometer (°C). Semua pengukuran dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel gas CO₂ dari tanah.

Pengukuran kelembaban tanah dilakukan pada kedalaman tanah 10 cm dari permukaan tanah dengan menggunakan TDR (Time Domain Reflectometry) 100-t Soil Moisture Probe.

Penukuran bahan organik tanah dilakukan dengan pengambilan sampel tanah pada kedalaman 30 cm dari pengukuran emisi CO₂ pada masing-masing plot sampling. C-organik (%) dan kandungan bahan organik (%) tanah dianalisis di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB.

Analysis statistic of variance (ANOVA) dan koefisien korelasi digunakan untuk membandingkan data respirasi tanah (CO₂) pada beberapa besaran tutupan kanopi dengan variabel iklim. Analisis regresi dilakukan untuk melihat pentingnya variabel lingkungan terhadap proses respirasi tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks CO₂ dari Tanah Pada Masing-masing Tipe Bukaannya Kanopi

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan serta analisis sampel CO₂ dari permukaan tanah dengan menggunakan CO₂ analyzer pada masing-masing tipe tutupan kanopi diperoleh rata-rata fluks CO₂ yang dilepaskan tanah hutan Babahaleka sebesar 299.15 mgCO₂m⁻²h⁻¹. Besarnya rata-rata fluks CO₂ yang dilepaskan tanah pada masing-masing tipe tutupan kanopi ini berbeda-beda (Tabel 1). Fluks CO₂ kanopi terbuka (329.33-375.77 mgCO₂m⁻²h⁻¹) pada berbagai tipe pengukuran terukur lebih besar jika dibandingkan fluks CO₂ pada kanopi menengah

(213.30-403.08 mgCO₂m⁻²h⁻¹) dan tertutup (209.24-304.18 mgCO₂m⁻²h⁻¹).

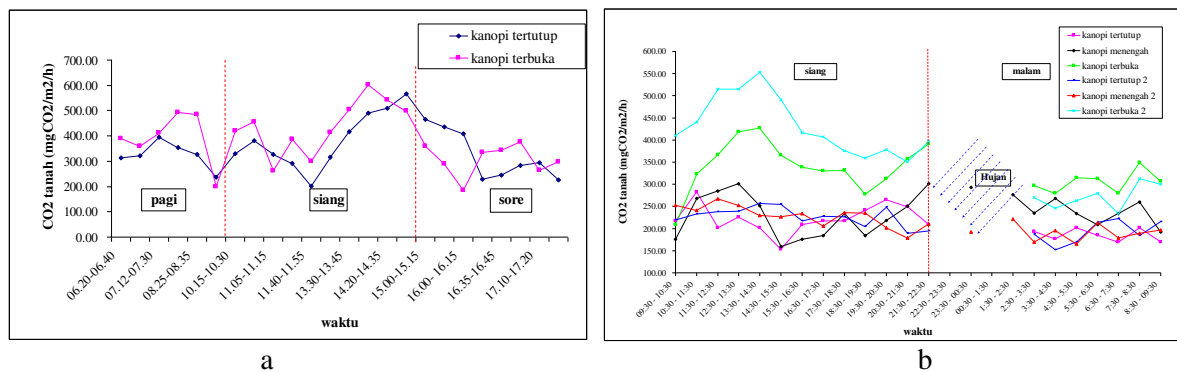
Besarnya rata-rata fluks CO₂ dari permukaan tanah yang terukur ini lebih kecil jika dibandingkan fluks CO₂ dari tanah hutan primer Peninsula Malaysia sebesar 328.98 - 769.38 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (Adachi *et al.* 2005) dan hutan sekunder TNLL sebesar 305.12 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (Taufik 2003). Serta berada pada kisaran yang sama dengan hasil pengukuran fluks CO₂ pada tanah hutan primer Kuamang Kuning Jambi sebesar 232.31-343.88 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (Ishizuka S *et al.* 2002), hutan subtropis di Skotlandia (Chapman & Thurlow 1996) diacu dalam Taufik (2003), hutan subtropis di Ottawa, Kanada (Lessard *et al.* 1994) diacu dalam Taufik (2003), hutan hujan tropis di Kenya dan hutan primer di barat daya China (Werner *et al.* 2006).

Pola Fluks CO₂ dari Permukaan Tanah Pada Masing-masing Tipe Bukaannya Kanopi

Laju emisi CO₂ cenderung turun pada saat pagi hari dan setelah matahari terbenam (Dugas 1993) diacu dalam Taufik (2003) serta tinggi pada saat siang hari pada saat suhu maksimum yang dicapai oleh tanah atau 1-2 jam setelah puncak radiasi maksimum dicapai (Tjasyono B 2006). Hasil pengamatan 12 jam (Gambar 2) menunjukkan fluks CO₂ dari tanah terendah tercatat sebesar 184.59 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (pk. 16.00) dan tertinggi sebesar 603.07 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (pk.13.50). Sedangkan pada pengamatan 24 jam, fluks CO₂ dari tanah terendah tercatat sebesar 152.08 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (pk. 03.30) dan tertinggi sebesar 553.60 mgCO₂m⁻²h⁻¹ (pk. 13.30).

Tabel 1. Rata-rata fluks CO₂ dari berbagai tipe bukaannya kanopi

Tipe Pengukuran	Tipe Tutupan	Fluks CO ₂
		(mgCO ₂ m ⁻² h ⁻¹)
Pengukuran pada berbagai posisi	Kanopi tertutup 1, altitude tinggi	285.5
	Kanopi tertutup 2, altitude rendah	304.2
	Kanopi menengah	403.1
	Kanopi terbuka	447.6
Pengukuran selama 12 Jam	Kanopi tertutup	348.6
	Kanopi terbuka	381.8
Pengukuran Selama 24 Jam	Kanopi tertutup	209.2
		214.7
	Kanopi menengah	235.8
		213.3
	Kanopi terbuka	329.3
		375.8
Rata-rata hasil pengukuran		299.2



Gambar 2 Profil diurnal emisi CO₂, (a) pengukuran 12 jam dan (b) pengukuran 24 jam

Iklim Mikro dan Bahan organik Tanah

Unsur iklim mikro yang diukur selama penelitian untuk dianalisis yaitu suhu udara, suhu permukaan tanah, suhu tanah pada kedalaman 10 cm, dan kelembaban tanah pada kedalaman 10 cm. Kandungan bahan organik diperoleh dari hasil analisis sampel tanah pada kedalaman 30 cm.

Suhu tanah dan suhu permukaan tanah yang terukur pada tipe kanopi tertutup (*high canopy cover*) terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan suhu tanah dan suhu permukaan tanah yang terukur pada tipe tutupan kanopi menengah dan terbuka (*medium, low canopy over*). Hal ini disebabkan karena pada tipe kanopi tertutup, energi panas yang dipancarkan matahari terlebih dahulu diserap oleh tanaman untuk kegiatan transpirasi sehingga panas yang diterima oleh permukaan tanah kanopi tertutup akan berkurang. Sebaliknya, pada tipe tutupan kanopi sedang dan kanopi terbuka, energi panas dari matahari dapat langsung diserap oleh permukaan tanah.

Fluktuasi suhu tanah pada kedalaman 10 cm pengukuran 12 dan 24 jam (Gambar 3 a dan b) terlihat kecil. Hal ini terlihat dari perubahan suhu terhadap waktu pada masing-masing tutupan kanopi tidak berubah jauh, berkisar antara 1-1.5 °C.

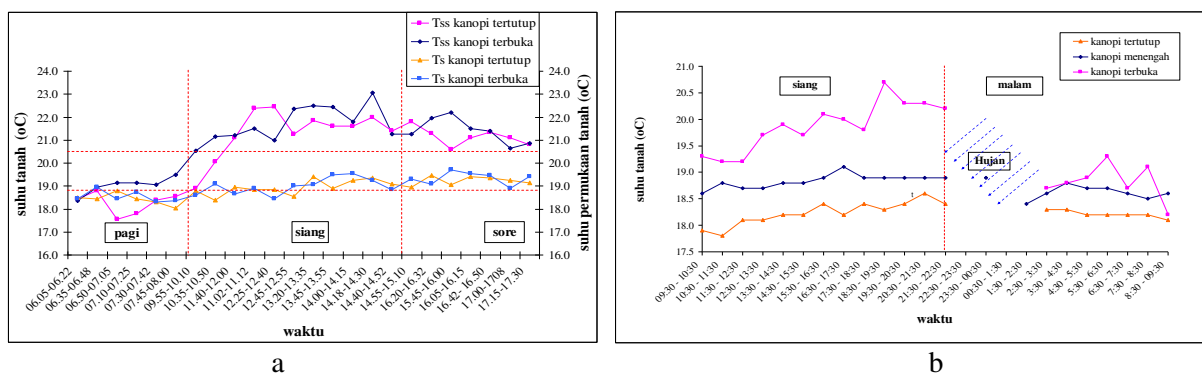
Suhu rata-rata tanah selama pengukuran 12 jam sebesar 18.9 °C, dengan suhu tanah tertinggi 19.7 °C pada pk. 16.20 dan suhu tanah terendah 18.1 °C pada

pk. 07.45. Suhu rata-rata tanah hasil pengukuran 24 jam sebesar 18.8 °C, dengan suhu tanah tertinggi 20.7 °C pada pk. 18.30 dan suhu tanah terendah 17.8 °C pada pk. 10.30. Suhu rata-rata permukaan tanah selama pengukuran 12 jam sebesar 20.7 °C, dengan suhu permukaan tanah tertinggi 23.1 °C pada pk. 14.18 dan suhu permukaan tanah terendah 17.6 °C pada pk. 06.50.

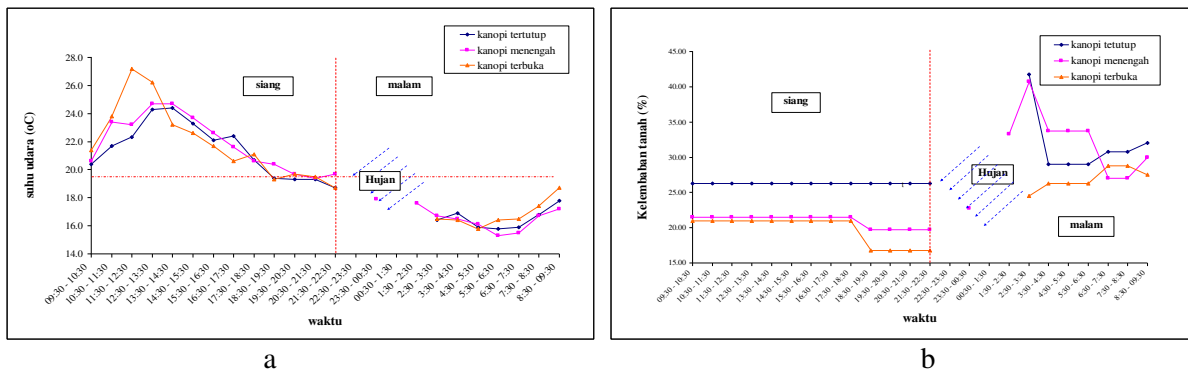
Suhu udara berfluktuasi pada setiap perubahan waktu untuk semua tipe tutupan kanopi (Gambar 4a). Perubahan suhu ini terlihat sangat jelas, dimana suhu udara pada siang hari cenderung naik dan turun menjelang malam sampai pagi hari. Suhu udara rata-rata selama pengamatan sebesar 19.8 °C dengan suhu udara terendah tercatat pada pk. 05.30 sebesar 15.3 °C dan tertinggi pada pk. 12.00 sebesar 27.2 °C.

Gambar 4b menyajikan profil diurnal kelembaban tanah (%) pada masing-masing tipe tutupan kanopi. Kelembaban tanah pada setiap tutupan kanopi cenderung konstan.

Kelembaban tanah pada kanopi tertutup lebih tinggi dibandingkan kelembaban tanah pada kanopi menengah dan terbuka. Hal ini disebabkan kondisi tanah pada kanopi tertutup lebih lembab dan lebih banyak mengandung bahan organik tanah. Pada saat pengukuran, terjadi hujan yang menyebabkan kelembaban tanah meningkat pada tipe kanopi terbuka dan kanopi menengah.



Gambar 3 Profil diurnal suhu tanah kedalaman 10 cm. (a) Pengukuran 12 jam dan (b) Pengukuran 24 jam.



Gambar 4 Profil diurnal (a) suhu udara dan (b) kelembaban tanah, pengukuran 24 jam

Bahan Organik Tanah

Kandungan rata-rata bahan organik dan C-organik pada tanah mineral hutan Bariri (Tabel 3) sebesar 3.90 % dan 1.06 %. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soedarsono (2006), pada tanah mineral kandungan bahan organiknya < 5%. Rendahnya kandungan bahan organik ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik iklim, vegetasi, topografi, dan bahan induk pada hutan.

Hasil pengukuran dan pengujian bahan organik pada sampel tanah masing-masing tipe tutupan kanopi menunjukkan bahwa rata-rata kandungan bahan organik pada tipe tutupan kanopi tertutup pada berbagai tipe pengukuran menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan kanopi menengah dan terbuka.

Hubungan Emisi CO₂ dengan Iklim Mikro dan Bahan Organik Tanah

Emisi CO₂ dari tanah dipengaruhi oleh proses produksi dan transpor CO₂ (Moren dan Lindroth 2000). Produksi CO₂ ini dipengaruhi oleh proses dan laju dekomposisi bahan organik, kelembaban dan suhu tanah (Lessard *et al.* 1994).

Analisis korelasi dan regresi eksponensial antara emisi CO₂ tanah dengan suhu tanah pengukuran tipe *multy position* menghasilkan ($r^2=0.12$, $p=0.35$) untuk kanopi tertutup 1, ($r^2=0.0025$, $p=0.883$) kanopi tertutup 2, ($r^2=0.64$, $p=0.05$) kanopi menengah, ($r^2=0.41$, $p=0.20$) kanopi terbuka, dengan nilai korelasi positif masing-masing (0.468; 0.078; 0.794; 0.605). Selain itu, hasil analisis pada pengukuran tipe *multy position* antara emisi CO₂ tanah dengan suhu permukaan tanah menghasilkan ($r^2=0.73$, $p<0.05$) untuk kanopi tertutup 1, ($r^2=0.49$, $p=0.12$) kanopi tertutup 2, ($r^2=0.56$, $p=0.1$) kanopi menengah, ($r^2=0.54$, $p=0.08$) kanopi terbuka, dengan nilai korelasi positif masing-masing (0.84; 0.697; 0.729; 0.756).

Hasil analisis antara emisi CO₂ tanah dengan suhu tanah dan suhu permukaan tanah pada pengukuran *multy position* menghasilkan nilai r^2

yang lebih besar dan korelasi yang lebih positif jika dibandingkan nilai r^2 dan korelasi pada masing-masing tipe tutupan kanopi yang dihasilkan pada pengukuran 12 dan 24 jam. Hal ini dapat disebabkan karena pengukuran sample CO₂ dilakukan pada siang hari pada pk.10-14.00 dimana profil suhu udara dan suhu tanah siang hari meningkat mengikuti energi panas yang dipancarkan matahari.

Korelasi positif hasil analisis menunjukkan bahwa besarnya emisi CO₂ tanah berbanding lurus terhadap suhu tanah, dan suhu permukaan tanah. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan (Lessard *et al.* 1994; Nakadai *et al.* 1996) diacu dalam Taufik Muh 2003; Raich & Schlesinger 1992) yang menyatakan emisi CO₂ dalam tanah berkorelasi positif terhadap suhu tanah dan suhu permukaan tanah.

Apabila dibandingkan hasil analisis korelasi dan regresi pada tipe kanopi tertutup 1 *high altitude* dan tipe kanopi tertutup 2 *low altitude* pengukuran *multy type*, terlihat bahwa tipe kanopi tertutup 1 menghasilkan analisis yang lebih baik. Hal ini mengindikasikan bahwa ketinggian tempat dapat mempengaruhi besarnya emisi CO₂ tanah. Respirasi pada tanah bervariasi terhadap garis lintang, dari 80 gCm⁻²y⁻¹ pada gurun pasir sampai dan 800–2000 gCm⁻²y⁻¹ pada hutan tropis (Raich & Schlesinger 1992).

Pada tipe tutupan kanopi tertutup dan kanopi menengah pengukuran 12 jam serta tipe tutupan kanopi tertutup pengukuran 24 jam diperoleh nilai r^2 yang kecil dan korelasi negatif antara suhu tanah dengan emisi CO₂ tanah. Suhu tanah yang tidak berkorelasi terhadap besarnya emisi CO₂ dari tanah ini dapat disebabkan karena fluktuasi suhu tanah sangat kecil dimana perubahannya 1-1.5 °C. Akibatnya peningkatan emisi CO₂ tidak mengikuti peningkatan suhu tanah.

Fluktuasi yang kecil ini berpengaruh terhadap proses dekomposisi serasah dan aktivitas mikrobial dalam memproduksi CO₂. Laju optimum aktivitas mikrobial tanah yang menguntungkan terjadi pada suhu 18-30 °C (Hanafiah KA 2004).

Tabel 2. Kandungan bahan organik dan C-Organik hasil pengukuran

Tipe Pengukuran	Tipe tutupan	Bahan organik (%)	C-Organik (%)
<i>Multy position</i>	Kanopi tertutup 1, altitude tinggi	4.39	2.5
	Kanopi tertutup 2, altitude rendah	2.73	1.6
	Kanopi menengah	3.59	2.1
	Kanopi terbuka	4.20	2.4
12 jam	Kanopi tertutup	4.39	2.5
	Kanopi terbuka	4.20	2.4
24 jam	Kanopi tertutup	4.21	2.44
	Kanopi menengah	3.91	2.27
	Kanopi terbuka	2.79	1.62
Rata-rata		3.90	1.06

Hasil analisis korelasi dan regresi eksponensial menunjukkan suhu udara berkorelasi positif dengan emisi CO₂ dari tanah pada setiap tipe tutupan kanopi. Pada tipe tutupan kanopi terbuka 2 terlihat korelasi yang kuat ($r^2=0.84$, $p<0.05$), kanopi menengah 2 ($r^2=0.59$, $p<0.05$), dan kanopi tertutup 2 ($r^2=0.49$, $p<0.05$) dengan nilai korelasi positif masing-masing (0.925; 0.724; 0.776). Korelasi positif ini menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO₂ mengikuti peningkatan suhu udara.

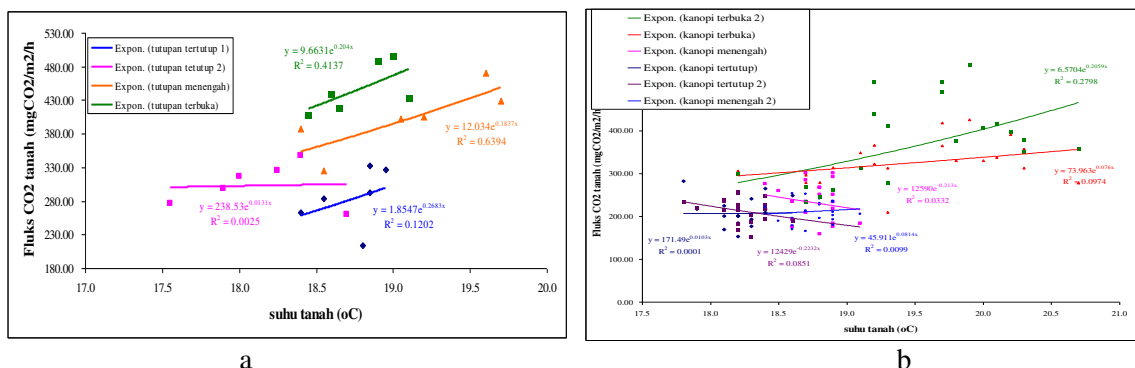
Kelembaban tanah berpengaruh terhadap besarnya emisi CO₂ yang dilepaskan tanah pada masing-masing jenis tutupan kanopi ($r^2=0.17$, $p=0.07$; $r^2=0.29$, $p<0.05$; dan $r^2=0.33$, $p<0.05$) dengan nilai korelasi negatif masing-masing (-0.408; -0.541; -0.576). Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan (Nakadai *et al.* 1996 diacu dalam Taufik 2003) yang menyatakan respirasi dalam tanah berkorelasi negatif dengan kelembaban dan kadar air tanah. Korelasi negatif ini menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO₂ mengikuti penurunan kelembaban tanah.

Bahan organik merupakan sumber energi karbon bagi mikroba dalam memproduksi CO₂, dan berpengaruh langsung terhadap ketersediaan unsur hara dalam tanah (Hanafiah 2004).

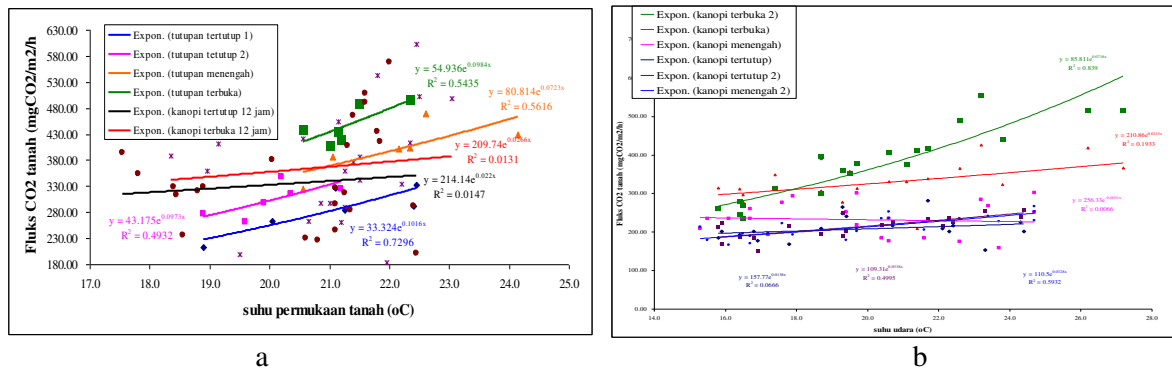
Hasil analisis korelasi dan regresi linear, menunjukkan bahan organik tidak berpengaruh

terhadap besarnya emisi CO₂ dari tanah. Hal ini terlihat dari kecilnya koefisien r^2 dan nilai korelasi masing-masing pengamatan pada berbagai tutupan kanopinya. Pada pengamatan tipe *multy type* kanopi tertutup 1 dihasilkan ($r^2=0.14$, $p=0.45$), kanopi tertutup 2 ($r^2=0.0010$, $p=0.95$), kanopi menengah ($r^2=0.26$, $p=0.37$), kanopi terbuka 1 ($r^2=0.38$, $p=0.18$) dengan korelasi masing-masing (-0.382; -0.033; -0.514; 0.622). Pada pengamatan tipe 12 jam tutupan kanopi tertutup 3 dihasilkan ($r^2=0.0019$, $p=0.93$), kanopi terbuka 2 ($r^2=0.85$, $p<0.05$) dengan korelasi masing-masing (-0.044; 0.923).

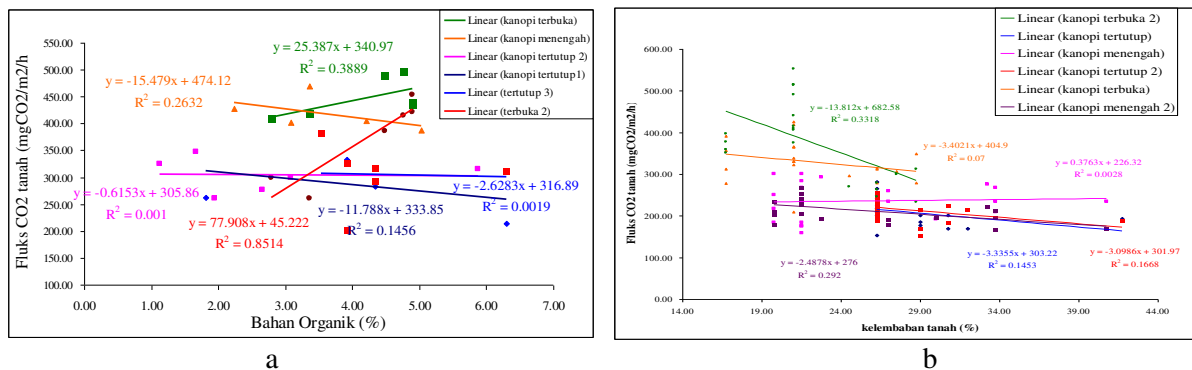
Nilai korelasi negatif yang dihasilkan menunjukkan bahwa bahan organik tanah berbanding terbalik dengan besarnya emisi CO₂ dari tanah. Hal ini sangat berbeda jika dibandingkan hasil pengamatan (Kaur *et al.* 2007; Rochette *et al.* 2000; Tufekciogul & Kucuk 2004) yang menyatakan emisi CO₂ dalam tanah berkorelasi positif dengan kandungan bahan organik tanah. Korelasi yang negatif ini, mungkin disebabkan kesalahan prosedur dalam pengambilan sampel tanah. Pada waktu pengambilan sampel tanah, akar sebagai salah satu sumber bahan organik tidak terambil sepenuhnya, sehingga mengurangi kandungan bahan organik tanah tersebut. Akar yang menutupi tanah pada hutan babahaleka terukur setinggi 3-5 cm dari lapisan atas permukaan tanah.



Gambar 5 Hubungan fluks CO₂ tanah dan suhu tanah. (a) pengukuran *multy position* dan (b) pengukuran 12 dan 24 jam.



Gambar 6 Hubungan fluks CO₂ tanah dan suhu permukaan tanah, pengukuran pada berbagai posisi.
(a) Periode pengukuran 12 jam dan (b) pengukuran 24 jam.



Gambar 7 (a) Hubungan fluks CO₂ tanah dan kelembaban tanah periode pengukuran 24 jam dan (b) Hubungan fluks CO₂ tanah dan kandungan bahan organik tanah

KESIMPULAN

Rata-rata fluks CO₂ yang dilepaskan permukaan tanah hutan Babahaleka sebesar 299.15 mgCO₂m⁻²h⁻¹, dengan rata-rata fluks CO₂ pada tipe kanopi terbuka 329.33-375.77 mgCO₂m⁻²h⁻¹, kanopi menengah 213.30-403.08 mgCO₂m⁻²h⁻¹ dan kanopi tertutup 209.24-304.18 mgCO₂m⁻²h⁻¹. Hasil analisis menunjukkan faktor iklim mikro : suhu tanah, suhu permukaan tanah, kelembaban tanah dan suhu udara berpengaruh terhadap laju emisi CO₂ dari permukaan tanah pada masing-masing tutupan kanopinya. Faktor kandungan bahan organik tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap laju emisi CO₂, hal ini terlihat dari rendahnya determinasi (r^2) dan nilai korelasinya. Kesalahan prosedur dalam pengambilan sampel tanah diduga sebagai penyebab tidak berpengaruhnya bahan organik terhadap laju emisi CO₂ dari tanah. Untuk penelitian lebih lanjut akan sangat baik apabila pengukuran emisi CO₂ dilakukan pada plot pengamatan yang lebih banyak dengan intensitas waktu pengamatan yang panjang, sehingga dapat diketahui pola emisi CO₂ pada kondisi musim kemarau dan musim hujan.

Pengukuran iklim mikro tanah dengan intensitas kedalaman yang berbeda-beda dapat dilakukan untuk melihat profil tanah setiap kedalamannya. Pengukuran kondisi tanah lebih lanjut meliputi: *bulk density*, C:N, aktifitas mikroba dan kondisi fisik

serta kimia tanah lainnya perlu dilakukan untuk melihat korelasinya terhadap laju emisi CO₂ pada permukaan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adachi M. *et al.* 2005. Required Sample Size for estimating Soil respiration Rates in Large Areas of Two Tropical Forest and of Two Types of Plantation in Malaysia [abstrak]. Di dalam : forest Ecology and Management. Volume 210, Issues 1-3, 16 May 2005, Pages 455-459.
- Hanafiah KA. 2005. Dasar-Dasar Ilmu tanah. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Ishizuka S, Murdiyarso D, Tsuruta H. 2002. An Intensive Study on CO₂, CH₄, and NO₂ Emissions from Soils at Four Land-Use in Sumatra, Indonesia. Global Biogeochemical cycles, Vol. 16, No. 3, 1049, doi:10.1029/2001GB001614, 2002.
- Jyasjono B. 2006. Klimatologi. Bandung: ITB Press.
- Kaur K, Jalouta KR, Midmore David. 2007. Impact of temperature and defoliation (simulated grazing) on soil respiration of pasture grass (*Cenchrus ciliaris* L.) in a controlled experiment. Journal of Agricultural, food, and environment sciences, Volume 1, Issue 1, 2007.
- Lessard R *et al.* 1994. Methane and carbon dioxide fluxes from poorly drained adjacent cultivated and forest sites. Canadian Journal of Soil Science [CAN. J.

- SOIL SCI./REV. CAN. SCI. SOL]. Vol. 74, no. 2, pp. 139-146.
- Moren A.S, Lindroth A. 2000. Carbon Dioxide Exchange at The Forest Floor in a Boreal Black Spruce Ecosystem. *Agricultural and Forest meteorology*.
- Raich, J.W. and W.H. Schlesinger. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44b: 81-99.
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1992TellB..44...81R> (4 mei 2008).
- Raich, J.W. and Tufekciogul A. 2000. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. <http://www.ingentaconnect.com/content/klu/biog/2000/00000048/00000001/00204519> (4 mei 2008).
- Rochette P *et al.* 2000. Soil Carbon and Nitrogen Dynamics Following Application of Pig Slurry for the 19th Consecutive Year: I. Carbon Dioxide Fluxes and Microbial Biomass Carbon. *Soil sci. Soc. Am. J.*, vol. 64, July–August 2000.
- Simojoki, A. 2001. Oxygen supply to plant roots in cultivated mineral soils. Doctoral Dissertation, Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki. Pro Terra No. 7. Helsinki. 59 p. + 6 appendix articles. ISSN 1457-263X, ISBN 951-45-9926-8, ISBN 951-45-9927-6 (PDF).
- Soedarsono *et al.* 2006. Dasar-dasar Ilmu tanah. Diktat kuliah Dasar-dasar Ilmu tanah. Departemen Ilmu tanah. IPB, Bogor.
- Taufik M. 2003. Fluks CH₄, CO₂, dan N₂ dari Permukaan tanah pada Berbagai Tipe Penggunaan lahan di Sulawesi tengah. Skripsi. Departemen Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Toma *et al.* 2007. Variation in the emission factor of N₂O derived from chemical nitrogen fertilizer and organic matter: A case study of onionfields in Mikasa Hokkaido Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* (2007) 53, 692–703.
- Tufekciogul, A dan Kucuk M. 2004. Soil Respiration in Young and Old Oriental Spruce Stands and in Adjacent Grasslands in Artvin, Turkey. Department of Forestry, Kafkas University, 08000, Artvin – TURKEY.
- Tuheteru F. 2007. Deforestasi Dan Pemanasan Global. Fakultas Kehutanan. Universitas Haluleo, Kendari.
- Werner C. 2007. Compilation of a global N₂O emission inventory for tropical rainforest soils using a detailed biogeochemical model. Institut für Meteorologie und Klimaforschung. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe.